

## M08 - Efecto de boquillas de baja deriva y convencionales sobre la deriva y el control de *Aonidiella aurantii* (Maskell) en cítricos

Garcerá, C. <sup>1</sup>, Moltó, E. <sup>1</sup>, Abad, R. <sup>2</sup>, Insa, J.A. <sup>2</sup>, Torrent, X. <sup>3</sup>, Román, C. <sup>3</sup>, Planas, S. <sup>3</sup>, Chueca, P. <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias - Centro de Agroingeniería. Ctra. Moncada-Náquera km 4.5, 46113 Moncada (Valencia). E-mail: [chueca\\_pat@gva.es](mailto:chueca_pat@gva.es); <sup>2</sup> Dow Agrosciences Iberica S.A. C/ Ribera de Loira 4-6, 28042 Madrid; <sup>3</sup> Universitat de Lleida. Dep. Ingeniería Agroforestal- Agrotecnio. Avenida Rovira Roure 191, 25198 Lleida

### Resumen

La deriva es la mayor fuente de contaminación durante los tratamientos fitosanitarios en cultivos arbóreos. Una de las tecnologías efectivas para su reducción es el uso de boquillas de baja deriva (LDN). Sin embargo, su uso podría afectar la eficacia de control. El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto de LDN sobre la deriva y la eficacia de los tratamientos fitosanitarios en el control de *Aonidiella aurantii* en cítricos frente a boquillas convencionales (STN). Para evaluar la deriva se realizó un ensayo siguiendo la metodología de la norma ISO 22866 en una parcela comercial de Clemenules. Para evaluar la eficacia se llevó a cabo un ensayo en una parcela comercial de Clemenules y se emplearon los siguientes productos: Reldan® E + Atominal® 10 EC, Reldan® E y aceite parafínico contra la primera, segunda y tercera generación respectivamente. En ambos casos las aplicaciones se realizaron con un volumen de caldo de aproximadamente 2500 L ha<sup>-1</sup>, empleando un turboatomizador. Se aplicó un tratamiento con boquillas STN Teejet de disco y núcleo, y otro con boquillas LDN Albus modelo TVI, seleccionando en cada ensayo el diámetro adecuado para ajustar el volumen aplicado a las características de cada parcela. En el ensayo de eficacia también hubo un tratamiento Control (sin insecticidas). Los resultados mostraron que la boquilla LDN redujo en un 22.7% la deriva depositada. No se encontraron diferencias significativas de eficacia entre los tratamientos con LDN y STN, pero sí entre estos y el Control. Por lo tanto, se deduce de este trabajo que las boquillas LDN son la solución para reducir la deriva en tratamientos contra *A. auranti* en cítricos sin comprometer la eficacia.

**Palabras clave:** deposición, eficacia, pulverizador asistido por aire, piojo rojo de California, metilclorpirifos, clementino.

## Effect of low-drift and standard nozzles on drift and the control of *Aonidiella aurantii* (Maskell) in citrus

### Abstract

Drift is the major pollution source from the application of plant protection products on fruit trees. Low drift nozzles (LDN) are an effective technology for drift reduction. However, use of LDN may affect the efficacy of plant protection products for controlling targeted pests. The aim of this work was to assess the effect of LDN on drift and on the efficacy of pesticide treatments for the control of *Aonidiella aurantii* in citrus respect to standard nozzles (STN). To evaluate drift a trial following ISO 22866 (2005) standard was performed on a commercial Clemenules orchard. To evaluate the efficacy a season-long trial was conducted on a commercial Clemenules orchard and the following products were sprayed: Reldan® E + Atominal® 10 EC, Reldan® E y mineral oil against the first, second and third generation respectively. In both cases, all the applications were made at a volume rate of around 2500 L ha<sup>-1</sup>, using an axial fan air-blast sprayer. One treatment with disc and core Teejet STN, and another with Albus LDN TVI model were performed, selecting in each trial the suitable diameter to adjust the volume rate to the orchard. In the efficacy trial a Control treatment of no insecticide application against *A. aurantii* was also performed. Results showed that LDN reduced sedimenting spray drift in a 22.7%. No statistical differences in efficacy between STN and LDN were found. However, differences between them and the Control treatment were found. Therefore, the conclusion of this work is that the LDN are the solution to reduce drift against *A. auranti* in citrus without affecting the efficacy.

**Keywords:** deposition, efficacy, air-blast sprayer, California red scale, methyl-chlorpyrifos, clementine.

## **Introducción**

La aplicación de productos fitosanitarios puede plantear riesgos para la salud humana y el medio ambiente que necesariamente han de reducirse. A pesar de los esfuerzos de los usuarios de plaguicidas y los fabricantes por mejorar la aplicación de los tratamientos pesticidas, parte de los productos se dispersa en la atmósfera, alejándose de la zona tratada, y que se conoce como deriva. La deriva es especialmente crítica cuando se pulverizan frutales, viña y cítricos donde los productos fitosanitarios se utilizan regularmente de forma intensiva. En estos cultivos normalmente se emplean pulverizadores asistidos por aire con boquillas que generan un cono de gotas finas que tienen una gran tendencia a la deriva y se evaporan rápidamente (Fox *et al.*, 1985). En cítricos se ha demostrado que la deriva depende de varias variables como el diseño del pulverizador, el volumen de pulverización, etc (Salyani *et al.*, 2013). Las boquillas cónicas de baja deriva de inyección de aire (LDN) generan gotas grandes que tienen una menor tendencia a la deriva (Guler *et al.*, 2006). En este contexto, la capacidad de reducción de la deriva de estas boquillas se ha evaluado en frutales, tanto a nivel de campo como de laboratorio (Van de Zande *et al.*, 2012; Planas *et al.*, 2013). Sin embargo, debido al cambio en el tamaño de la gota, el uso de LDN puede afectar a la eficacia de los productos fitosanitarios para el control de plagas.

Se han realizado estudios de caracterización de la eficacia biológica de LDN en algunos cultivos como manzanos (Heinkel *et al.*, 2000; Knewitz *et al.*, 2002; Frießleben, 2004; Lešnik *et al.*, 2005; McArtney y Obermiller, 2008), pero no hay estudios en cítricos. Esto es, probablemente, porque los cítricos principalmente se encuentran en regiones donde, por el momento, el uso de LDN no está muy extendido. Esto es significativo porque en contraste con los manzanos, los cítricos tienen una forma globular y una vegetación muy densa, circunstancias que pueden afectar a la distribución de la pulverización en la vegetación y a la deriva.

Por estas razones, el objetivo de este trabajo fue evaluar la deriva durante la aplicación de tratamientos fitosanitarios en cítricos y la eficacia de la aplicación de insecticidas para el control del piojo rojo de California (CRS) (*Aonidiella aurantii* (Maskell) (Hemiptera: Diaspididae)) en cítricos en condiciones mediterráneas con boquillas cónicas convencionales (STN) y LDN, ambas instaladas en pulverizadores hidráulicos asistidos por aire con ventilador axial.

## **Material y Métodos**

### *Evaluación de la deriva*

La evaluación de la deriva se realizó siguiendo la metodología establecida en la norma ISO 22866 que consiste en pulverizar una mezcla de agua y un trazador sobre una parcela de cultivo, y en cuantificar la deriva que se produce durante dicho tratamiento en colectores situados en una parcela colindante sin vegetación y a sotavento de la misma. Las aplicaciones se realizaron en una parcela comercial de Clementina cv. Clemenules (*Citrus clementina* Hort. ex Tan.), localizada en Montserrat (Valencia, España) (39° 22' 00" N, 0° 35' 17" W) y se llevaron a cabo un total de 10 experiencias, 5 para una boquilla de baja deriva (LDN) y 5 para una boquilla convencional (STN). Las boquillas se

colocaron en un pulverizador hidráulico asistido por aire con ventilador axial convencional (modelo Futur 2000, Pulverizadores Fede S.A., Cheste, España) y se aplicó un volumen de caldo de alrededor de 2500 L ha<sup>-1</sup>. Las características de la plantación y los parámetros y las condiciones operativas de los pulverizadores en los ensayos se muestran en la Tabla 1.

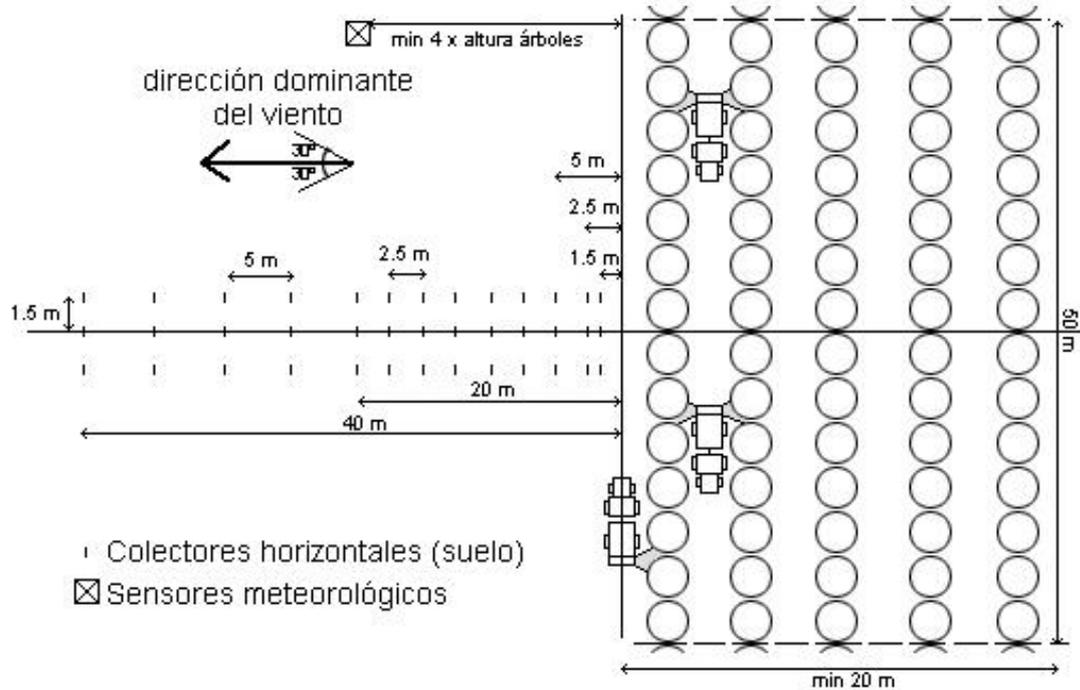
Los colectores se colocaron en la parcela adyacente y se situaron a distintas distancias del borde de la parcela de ensayo, entre 1.5 y 40 m. Los primeros a una distancia de 1.5 m del borde y los sucesivos cada 2.5 m hasta llegar a 20 m y cada 5 m hasta llegar a 40 m. En cada una de estas distancias, se colocaron 3 colectores horizontales, separados 1.5 m entre sí (Figura 1). Tras la pulverización, y una vez secos los colectores, se recogieron y se llevaron a laboratorio para proceder a la extracción del caldo pulverizado y a su análisis. La cantidad de caldo depositada en cada colector obtenida en los análisis ( $\mu\text{l}$ ) se dividió por la superficie del colector ( $\mu\text{l cm}^{-2}$ ) y se expresó como porcentaje de deriva (%), relacionándola con el volumen de aplicación (L ha<sup>-1</sup>). En cada experiencia y para cada distancia se calculó la media de los tres colectores que había por distancia. Para determinar la deriva de los dos tipos de boquillas se calculó la media y el error estándar para cada distancia considerando los valores de las 5 repeticiones. Posteriormente, se calculó la reducción de deriva conseguida con la boquilla LDN respecto a la STN.

Previamente al ensayo experimental del campo, en el laboratorio del Centro Tecnológico Maqcentre (Lleida) se midió el porcentaje de volumen con gotas de un diámetro menor de 200  $\mu\text{m}$  para cada boquilla (V200), para lo que se caracterizó el espectro de gotas a la presión de trabajo mediante un láser Phase Doppler Particle Analyzer (57X10 Dantec Dynamics A/S. Skovlunde, Dinamarca).

**Tabla 1.** Características de la plantación y parámetros y condiciones operativas de los pulverizadores en los ensayos

|   |  | Ensayo de deriva             |                            | Ensayo de eficacia            |                           |
|---|--|------------------------------|----------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| Marco de plantación (entre filas x entre árboles) (m) |  | 5.00 x 3.50                  |                            | 6.50 x 3.50                   |                           |
| Copa  | Tamaño *   | 2.75 x 2.90 x 3.70           |                            | 2.70 x 3.70 x 4.70            |                           |
|   | Volumen (elipsoide) (m <sup>3</sup> )            | 14.6                         |                            | 25.20                         |                           |
| Boquillas operativas (número)                         |  | 16                           |                            | 26                            |                           |
| Pulverizador  | Velocidad de avance (km h <sup>-1</sup> )        | 1.58                         |                            | 1.45                          |                           |
|   | Caudal de aire (m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> ) | 69700                        |                            | 67000                         |                           |
|   | TDF (rev. per min)                               | 480                          |                            | 490                           |                           |
| Tipo  |  | LDN                          | STN                        | LDN                           | STN                       |
| Boquillas   | Modelo   | Albuz<br>TVI<br>8003<br>Azul | Teejet<br>D3DC35<br>Marrón | Albuz<br>TVI 8002<br>Amarilla | TeeJet<br>D6DC23<br>Verde |
|   | Presión de trabajo (bar)                         |                              |                            | 10                            |                           |

\*Alto (m) x Ancho a lo largo de la fila (m) x Ancho a través de la fila (m)



**Figura 1.** Descripción de la zona de ensayo (parcela y colectores)

#### *Evaluación de la eficacia*

La evaluación de la eficacia se realizó durante la campaña de 2014 en una parcela comercial de Clementina cv. Clemenules, situada en Llíria (Valencia, España) (39° 43' 58" N, 0° 35' 32" W) en la que se compararon tres tratamientos, uno con boquilla convencional (STN), otro con boquilla de baja deriva (LDN), y un tratamiento control sin aplicación de insecticidas.

Todas las aplicaciones se realizaron con un volumen de caldo de aproximadamente 2500 l ha<sup>-1</sup>. Los tratamientos con insecticidas se aplicaron con un pulverizador asistido por aire con ventilador axial (modelo Futur 3000, Pulverizadores Fede S.A.). Las condiciones del ensayo se muestran en la Tabla 1.

Las aplicaciones se realizaron tres veces durante la campaña, cuando se identificaron los picos de estadios susceptibles de cada generación de CRS. En primavera (29-30 Mayo 2014) se realizó la primera aplicación, pulverizando una mezcla de Reldan® E a una concentración de 400 mL hL<sup>-1</sup> (Dow AgroSciences Ibérica S.A., Madrid, España) y Atominal® 10 EC a una concentración de 50 mL hL<sup>-1</sup> (Sumimoto Chemical Co. Ltd., Tokio, Japón); en verano (11-13 Agosto 2014) se realizó la segunda aplicación, pulverizando sólo Reldan® E a una concentración de 400 mL hL<sup>-1</sup>; y en otoño (6-7 Octubre 2014) se realizó la tercera aplicación, pulverizando aceite parafínico a una concentración de 1500 mL hL<sup>-1</sup> (Agroil. Sipcam Inagra, S.A., Valencia, España).

El ensayo se realizó con un diseño completamente al azar, con cuatro repeticiones. En cada repetición, los muestreos se realizaron sobre los 8 árboles centrales de cada subparcela para evitar la posible interacción del tratamiento de las subparcelas colindantes. Los tratamientos se asignaron a cuatro subparcelas en base a la densidad de CRS en el momento de la cosecha de la campaña anterior (2013), de forma que no

hubiese diferencias estadísticamente significativas en la infestación inicial entre tratamientos (Figura 2).



**Figura 2.** Diseño experimental en el ensayo de eficacia. T1 (Azul) = Control, T2 (Verde) = LDN y T3 (Amarillo) = STN

La eficacia de cada tratamiento contra *Aonidiella aurantii* se evaluó estimando el nivel de infestación 45 días después del tratamiento (DAT) contra la primera y la segunda generación, y justo antes de la cosecha (25 Noviembre 2014). El nivel de infestación se obtuvo contando los escudos presentes en 30 frutos alrededor de la copa de cada árbol de muestreo ( $30 \times 8 = 240$  frutos muestreados por repetición). Se calculó el porcentaje de frutos con más de 10 escudos. Los frutos se seleccionaron de dos alturas (alto y bajo) y cinco localizaciones por altura, correspondientes a las cuatro caras y el interior de la copa. Se estudió la distribución de la infestación de CRS en la copa en el momento de cosecha.

El número de escudos/fruto se estudió con el test de Dunnett para determinar si los tratamientos con aplicación de insecticidas se diferenciaron significativamente del Control en cada muestreo. Para estudiar si la evolución de este parámetro a lo largo de la campaña fue diferente entre los tres tratamientos, se realizó un ANOVA multifactorial del nivel de infestación con los factores *Tratamiento* y *Fecha de muestreo*. El porcentaje de frutos con más de 10 escudos se analizó con un ANOVA multifactorial tras realizar una transformación de arco seno de la raíz (x) de los datos, con los mismos factores que en el análisis anterior.

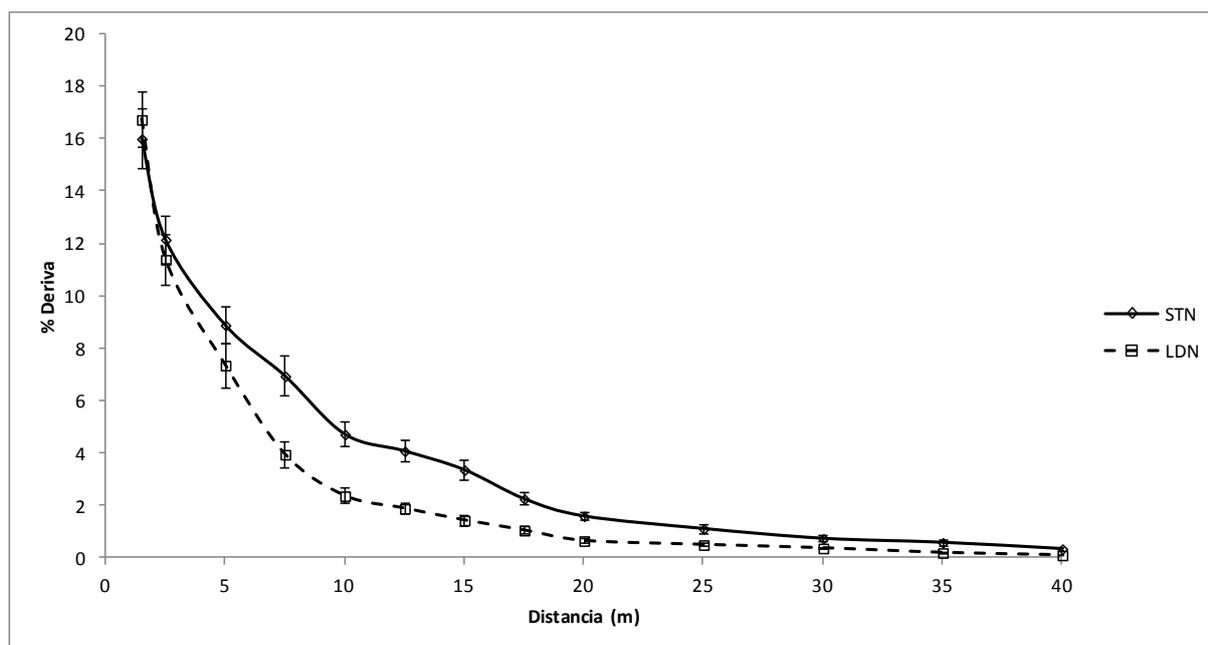
## Resultados y Discusión

### Deriva

El porcentaje de volumen con gotas de un diámetro menor de  $200 \mu\text{m}$  (V200) de la boquilla LDN-Albuz TVI 8003 fue 9.28, mientras que el de la STN-Teejet D3DC35 fue 48.92, es decir, la boquilla STN tiene mayor fracción de gotas pequeñas, más susceptibles a la deriva.

Las LDN redujeron la deriva sedimentada en un 22.7% respecto a las STN (Figura 3). Se observa que la deriva generada por las LDN en las zonas próximas a la última fila de árboles (distancia 1.5 y 2.5 m) fue igual o superior a la generada por las STN. Sin

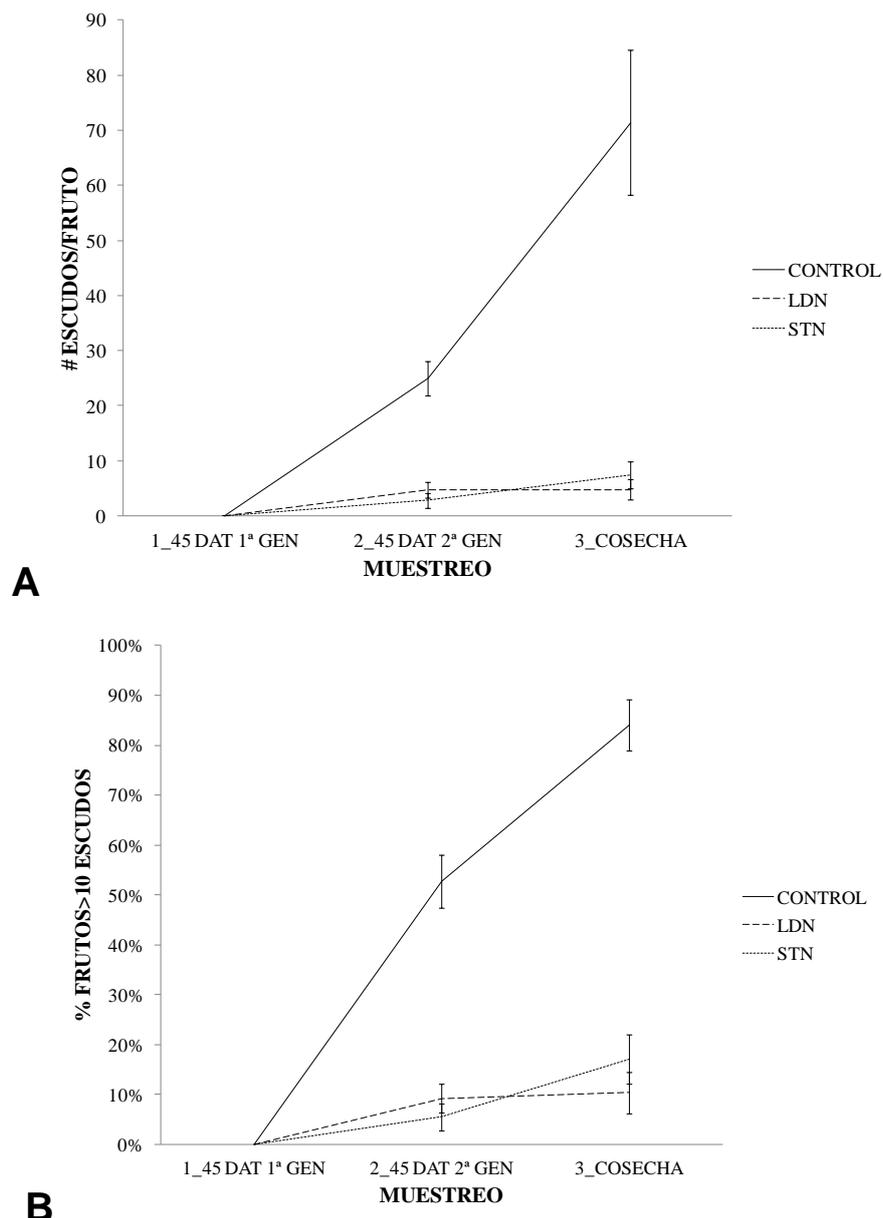
embargo, a partir de los 2.5 m de distancia las STN presentaron mayor deriva que las LDN. Estos resultados coinciden con los aportados por Chueca *et al.* (2013), que demostraron que en plantaciones frutales de diferentes tipologías y cultivos, incluyendo cítricos, la deposición generada en la calle adyacente a la del tratamiento con boquillas convencionales siempre era menor que la generada con boquillas de baja deriva. Sin embargo, en las calles siguientes, la deposición con las boquillas convencionales era superior y alcanzaba distancias más grandes. Meli *et al.* (2003) también observó esta tendencia en cítricos, aunque en este trabajo sólo midieron la deriva hasta una distancia de 7.5 m a la parcela de aplicación.



**Figura 3.** Porcentaje de deriva (media±error standard (ES)) en cada distancia a sotavento (m) de la última fila de árboles para las aplicaciones con STN (TeeJet D3DC35 Marrón) y LDN (Albuz TVI 8003 Azul)

#### Eficacia contra *Aonidiella aurantii*

La evolución del número de escudos por fruto a través de los muestreos fue significativamente diferente entre tratamientos en cuanto al número de escudos presentes en la fruta ( $F=17.11$ ; g.l.= 4, 35;  $P<0.0001$ ) (Figura 4A) y al porcentaje de frutos infestados con más de 10 escudos ( $F= 21.52$ ; g.l.= 4, 35;  $P<0.0001$ ) (Figura 4B). No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos con aplicación de insecticidas, es decir, entre boquillas, en ninguno de los muestreos realizados. Sin embargo, estos se diferenciaron del Control en el segundo y tercer muestreo (test de Dunnett,  $P<0.05$ ). Estas diferencias incrementaron con el tiempo, lo que indica una rápida infestación por CRS en los frutos del Control.



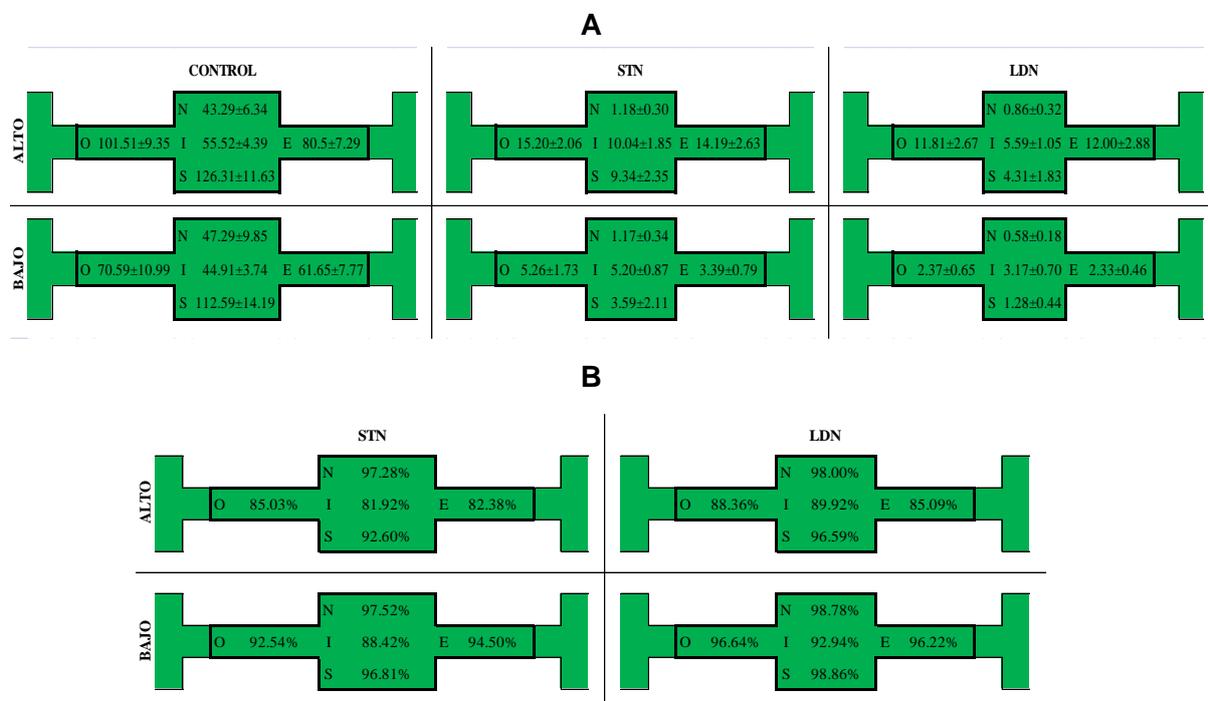
**Figura 4.** Número de escudos/fruto (media±ES) (A) y porcentaje de frutos con más de 10 escudos (media±ES) (B) para los tratamientos Control, LDN (Albuz TVI 8002 Amarilla) y STN (TeeJet D6DC23 Verde) en cada muestreo.

En el momento de cosecha, la distribución de la plaga en la copa era similar entre los tratamientos con aplicación de insecticidas pero estos se diferenciaron significativamente del Control ( $F= 4.11$ ; g.l.= 8, 119;  $P= 0.0003$ ) (Figura 5A). Comparando la distribución de CRS en altura, se observó que en la parte baja de la copa la infestación era menor, para todos los tratamientos. La diferencia entre alturas no resultó significativa para el Control ( $P = 0.2789$ ), sin embargo sí que fue significativa tanto para el tratamiento con STN ( $P = 0.0056$ ), como con LDN ( $P = 0.0088$ ), lo que coincide con los resultados de McArtney y Obermiller (2008), y que se puede deber a una mayor deposición en la parte baja de la copa, como demostraron Horst *et al.* (2002) al medir la deposición en la copa de árboles densos tratados con boquillas de inducción de aire. El Control mostró la mayor infestación en la cara sur de los árboles, seguido de las caras entre árboles de una misma fila (Este y Oeste), con una infestación muy

similar a la estimada en el interior de la copa. Por el contrario, los tratamientos con STN-TeeJet D6DC23 Verde y LDN-Albuz TVI 8002 Amarilla igualaron la infestación en las diferentes localizaciones.

Los tratamientos con aplicación de insecticidas alcanzaron una reducción media de la infestación del 90% con la STN y del 93% con la LDN, con la mayor reducción en las caras externas de los árboles (entre filas), que miran al pulverizador (Norte y Sur) (reducción media del 97%) (Figura 5B). En el interior de la copa la reducción fue del 88% y en las caras entre árboles del 90%. La parte baja de la copa alcanzó mayores reducciones de infestación que la parte alta con ambas boquillas (90% en la parte alta vs 95% en la parte baja).

Estos resultados coinciden con los de otros autores, que tampoco encontraron diferencias significativas de control en manzanos de diversas plagas (ácaro rojo *Panonychus ulmi* Koch) y enfermedades (sarna *Venturia Inaequalis*, mildiu *Podosphaera leucotricha*) entre boquillas de baja deriva y convencionales (Heinkel *et al.*, 2000; Cross *et al.*, 2002; Knewitz *et al.*, 2002). Sin embargo, otros autores sí que encontraron diferencias de control en manzanos contra algunas plagas (minador de las hojas *L. malifoliella* Zell., pulgón verde *Aphis pomi* de Geer, ácaro rojo *Panonychus ulmi* Koch, polilla del manzano *Cydia pomonella* L., etc) y enfermedades fúngicas (*Peltaster fructicola*, *Gaestrumia polystigmatis*, *Leptodontium elatius*, etc), consiguiendo las boquillas convencionales siempre mejor control (McArtney y Obermiller, 2008; Lešnik, 2005). Esta discordancia puede deberse a las diferencias en la movilidad de las plagas evaluadas, la densidad de los árboles, el modo de acción del producto, los volúmenes de caldo, al espectro dimensional de las gotas de la boquilla, condiciones meteorológicas, etc.



**Figura 5.** Vista en sección transversal de la distribución de la plaga (número medio de escudos/fruto±ES) (A) y reducción (%) del número medio de escudos/fruto (B) en dos alturas de la copa (Alto y Bajo) para los tratamientos Control, STN (TeeJet D6DC23 Verde) y LDN (Albuz TVI 8002 Amarilla) en el momento de cosecha. N: Norte, S: Sur, E: Este, O: Oeste, I: Interior

## **Conclusiones**

Este trabajo concluye que en las condiciones de aplicación del ensayo las boquillas de baja deriva de inyección de aire resultaron una solución adecuada para reducir la deriva manteniendo la eficacia de contra el piojo rojo de California en cítricos.

## **Agradecimientos**

Esta investigación estuvo financiada por Dow AgroSciences Ibérica S.A. (proyecto 'Say no to drift'). Los autores quieren agradecer al Grupo Martinavarro S.L. por permitir el uso de sus fincas y equipos.

## **Bibliografía**

- Chueca, P., Garcerá, C., Masip, P., Moltó, E., 2013. Methodology for a fast, in field estimation of the efficiency of antidrift measures. 12th Workshop on Spray Application Techniques in Fruit Growing (SuproFruit 2013), June 26-28, 2013, Valencia, Spain, 11-13.
- Cross, J.V., Murray, R.A., Walklate, P.J., Richardson, G.M., 2002. Efficacy of drift-reducing orchard spraying methods. *Aspects of Applied Biology* 66, 285-292.
- Fox, R.D., Reichard, D.L., Brazee, R.L., 1985. A model study of the effect of wind on air sprayer jets. *Trans. Amer. Soc. Agr. Eng.* 28, 83-88.
- Frießleben, R., 2004. Balancing drift management with biological performance and efficacy. Proceedings of the International Conference on Pesticide Application for Drift Management, October 27-29, 2004, Waikoloa, Hawaii, 72-79.
- Guler, H., Zhu, H., Ozkan, H.E., Derksen, R.C., Yu, Y., Krause, C.R., 2006. Spray characteristics and wind tunnel evaluation of drift reduction potential with air induction and conventional flat fan nozzle. *Amer. Soc. Agr. Biol. Eng., Annu. Intl. Mtg., Paper No. 06111. (Abstr.)*
- Heinkel, R., Fried, A., Lange, E., 2000. The effect of air injector nozzles on crop penetration and biological performance of fruit sprayers. *Aspect. Appl. Biol.* 57, 301-307.
- Horst, K., Koch, H., Fleischer, G., Lehn, F., 2002. Effects of coarse and fine droplet application on pesticide deposition in orchards. *Gesunde Pflanzen* 54(5), 141-145.
- Knewitz, H., Weisser, P., Koch, H., 2002. Drift-reducing spray application in orchards and biological efficacy of pesticides. *Aspects of Applied Biology* 66, 231-236.
- Lešnik, M., Pintar, C., Lobnik, A., Kolar, M., 2005. Comparison of the effectiveness of standard and drift-reducing nozzles for control of some pests of apple. *Crop Prot.* 24, 93-100.
- McArtney, S.J., Obermiller, J.D., 2008. Comparative performance of air-induction and conventional nozzles on an axial fan sprayer in medium density apple orchards. *HortTechnology* 18, 365-371.
- Meli, S.M., Renda, A., Nicelli, M., Capri, E., 2003. Studies on pesticide spray drift in a Mediterranean citrus area. *Agronomie* vol. 23 pp: 667-672.
- Planas, S., Solanelles, S., Torrent, X., Camp, F., Gregorio, E., Rosell, J.R., 2013. Comparing standardized methods of potential drift assessment. *Suprofruit 2013. Valencia.*
- Salyani, M., Miller, D.R., Farooq, M., Sweeb, R.D., 2013. Effects of sprayer operating parameters on airborne drift from citrus air-carrier sprayers. *Agric Eng Int.* 15(1), 27-36. [www.cigrjournal.org](http://www.cigrjournal.org).
- Van de Zande, J.C., Wenneker, M., Michielsen, J.M.G.P., Stallinga, H., van Velde, P., Joosten, N., 2012. Nozzle classification for drift reduction in orchard spraying. *Aspect. Appl. Biol.* 114, 253-260.